

(11)特許出願公開番号

特開平9-191150

(43)公開日 平成9年(1997)7月22日

技術表示箇所

H O 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数6 O.L (全 10 頁)

(71)出願人 000005290

古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

河電氣工業株式会社内

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

河電氣工業株式会社内

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

河電氣工業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 長門 侃二

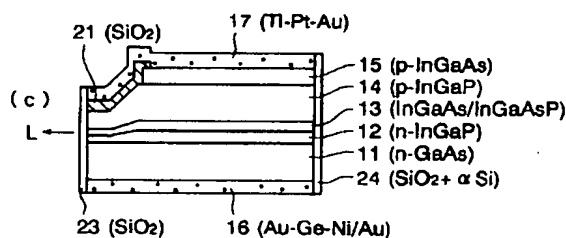
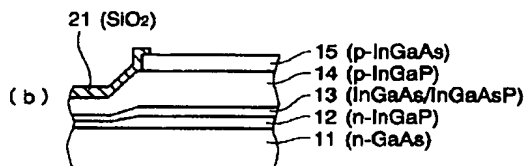
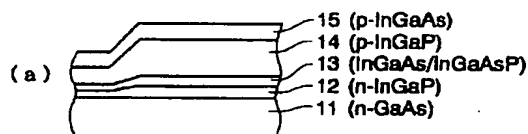
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ装置とその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 製造工程の簡易化と製造歩留りの向上を図り、信頼性の高い大出力の半導体レーザ装置とその製造方法を提供する。

【解決手段】 GaAs基板上に選択領域成長用マスクを用いた有機金属気相成長法により膜厚を異ならせてレーザ素子領域と光出射領域と形成し、レーザ素子領域のレーザ活性層における発振波長を $0.8 \sim 1.1 \mu\text{m}$ に設定し、光出射領域の導波路層の禁制帯幅をレーザ活性層に対して大きく設定することで、上記レーザ発振波長に対して透明化する。特にレーザ活性層／導波路層を $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{AsP}$ 層とし、III族元素の割合 x を $[0.5 \sim 0.8]$ に設定する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 GaAs 基板上に形成された多層膜構造の半導体レーザ装置であって、選択領域成長用マスクを用いた有機金属気相成長法により膜厚を異ならせて形成されたレーザ活性部と光出射部とを備え、前記レーザ活性部におけるレーザ活性層はそのレーザ発振波長が $0.8 \sim 1.1 \mu\text{m}$ に設定され、前記光出射部における導波路層は前記レーザ活性層に対して禁制帯幅が大きく設定されて前記レーザ発振波長に対して透明化されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 2】 前記レーザ活性部のレーザ活性層および光出射部の導波路層は、 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ 層（但し、 x は $[0 < x < 1]$ からなる III 族元素の割合、 y は $[0 < y < 1]$ からなる V 族元素の割合）からなることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 3】 前記 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ 層の III 族元素の割合 x は、 $[0.5 \sim 0.8]$ に設定されることを特徴とする請求項 2 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 4】 レーザ発振波長に対して透明な光出射部を備えた多層膜構造の半導体レーザ装置であって、GaAs 基板上における光出射部の形成領域を除いて、レーザ活性部の形成部位を挟んで選択領域成長用マスクを設け、この選択領域成長用マスクを用いて前記 GaAs 基板上に有機金属気相成長法により半導体多層膜を積層形成することを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 5】 レーザ発振波長に対して透明な光出射部を備えた多層膜構造の半導体レーザ装置であって、GaAs 基板上におけるレーザ活性部の形成領域を所定幅に開口し、且つ該レーザ活性部の形成領域に連なる光出射部の形成領域の開口幅を広くした選択領域成長用マスクを前記 GaAs 基板上に設け、この選択領域成長用マスクを用いて前記 GaAs 基板上に有機金属気相成長法により半導体多層膜を積層形成することを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 6】 前記 GaAs 基板上に積層形成するレーザ活性部のレーザ活性層および光出射部の導波路層は、 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ 層（但し、 x は $[0 < x < 1]$ からなる III 族元素の割合、 y は $[0 < y < 1]$ からなる V 族元素の割合）からなることを特徴とする請求項 4 または 5 に記載の半導体レーザ装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、レーザ発振波長に対して透明な光出射部を備え、その大出力化を図った半導体レーザ装置とその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 GaAs 基板上に形成される多層膜構造の半導体レーザ装置は、一般にその光出力を増大させると、端面光学破壊 (Catastrophic optical damage) や特性劣化が生じる。この為、その大出力化を図ることが

困難であり、従来の一般的な半導体レーザ装置における最大光出力は 200mW 程度である。

【0003】 このような問題を解決するべく、半導体レーザ装置の光出射部を、そのレーザ発振波長に対して透明にすることが提唱されている。例えば半導体基板上に積層形成した多層膜の層端面である光出射面（劈開面）に、禁制帯幅の大きな材料からなる薄膜を結晶成長させることで、その光出射部をレーザ発振波長に対して透明化し、これによって上記端面光学破壊 (COD) を防止することが提唱されている。

【0004】 具体的には半導体レーザ装置は、図 10 に示すように、例えば GaAs 基板 11 上に下部クラッド層をなす n 型 InGaP 層 12、歪量子井戸層（レーザ活性層）としての InGaAs/InGaAsP 層 13、上部クラッド層をなす p 型 InGaP 層 14、そしてコンタクト（キャップ）層としての p 型 InGaAs 層 15 を順次積層した多層膜構造として実現される。この半導体レーザ素子の負電極は、GaAs 基板 11 の裏面に Au-Ge-Ni/Au 層 16 を蒸着して形成され、また正電極は前記 p 型 InGaAs 層 15 の表面に Ti-Pt-Au 層 17 を蒸着して形成される。そしてこの多層膜を劈開して切り出される半導体レーザ素子の端面に、禁制帯幅（バンドギャップエネルギー）の大きな材料、例えば InGaP 層を結晶成長させることで透明薄膜 18 が設けられる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところで上記透明薄膜（InGaP 層）18 の結晶成長温度は、 $400 \sim 580^\circ\text{C}$ 程度と高く、その結晶成長過程において前記 Au-Ge-Ni/Au 層 16、或いは Ti-Pt-Au 層 17 からなる電極が溶解し易いという不具合がある。しかもこの透明薄膜 18 の形成時には、前記電極上にも InGaP 層が同時に結晶成長するので、後処理として電極上に成長した InGaP 層の除去作業が必要になる。これ故、その製造工程が複雑で製造歩留りが悪いことのみならず、製造された半導体レーザ装置の信頼性を高めることが困難である等の不具合があった。

【0006】 本発明はこのような事情を考慮してなされたもので、その目的は、製造工程の簡易化とその製造歩留りの向上を図ると共に、信頼性が高く、しかもその光出力の大出力化を図り得る半導体レーザ装置とその製造方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】 上記の目的を達成するべく本発明に係る半導体レーザ装置は、GaAs 基板上に InGaAsP 層を量子井戸とする多層膜を成長させて実現されるものであって、選択領域成長用マスクを用いた有機金属気相成長法により膜厚を異ならせて形成されたレーザ活性部と光出射部とを備え、前記レーザ活性部に形成されるレーザ活性層におけるレーザ発振波長を $0.8 \sim 1.1 \mu\text{m}$ に設定し、前記光出射部に形成される導波

路層の禁制帯幅を前記レーザ活性層に対して大きく設定することで、上記レーザ発振波長に対して透明化したことを特徴としている。

【0008】特に請求項2に記載するように前記レーザ活性部のレーザ活性層、および光出射部の導波路層として、 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ 層（但し、 x は $[0 < x < 1]$ からなるIII族元素の割合、 y は $[0 < y < 1]$ からなるV族元素の割合）を成長させるようにし、更に請求項3に記載するように、そのIII族元素の割合 x を $[0.5 \sim 0.8]$ に設定したことを特徴としている。

【0009】つまりGaAs基板上に選択領域成長用マスクを用いた有機金属気相成長法により、膜厚の異なる $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ 層からなるレーザ活性層と導波路層とを形成した構造とすることで、レーザ活性層に連なる導波路層（光出射部）をそのレーザ発振波長に対して透明化し、大出力化を図り得る素子構造としたことを特徴としている。

【0010】また本発明に係る半導体レーザ装置の製造方法は上記レーザ発振波長に対して透明な光出射部を備えた多層膜構造の半導体レーザ装置を製作するに際して、請求項4に示すようにGaAs基板上における光出射部の形成領域を除いて、レーザ活性部の形成領域を挟んで選択領域成長用マスクを設け、或いは請求項5に示すようにGaAs基板上におけるレーザ活性部の形成領域を所定幅に開口し、且つ該レーザ活性部の形成領域に連なる光出射部の形成領域の開口幅を広くした選択領域成長用マスクを前記GaAs基板上に設け、このような選択領域成長用マスクを用いて前記GaAs基板上に有機金属気相成長法により半導体多層膜を積層形成することを特徴とするものである。

【0011】そして前記GaAs基板上に積層形成するレーザ活性部のレーザ活性層および光出射部の導波路層として、 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ 層（但し、 x は $[0 < x < 1]$ からなるIII族元素の割合、 y は $[0 < y < 1]$ からなるV族元素の割合）を領域選択成長させることを特徴としている。この際、レーザ発振波長に対して透明化する導波路の長さを規定するべく、前記レーザ活性部の形成領域を規定するマスクの端部と、光出射端面となす部位との距離を $100\mu\text{m}$ 以上確保することが望ましい。またマスクを用いた選択領域成長により、レーザ活性部と光出射部との膜厚を効率的に異ならせて光出射部における導波路の禁制帯幅を大きく広げるべく、特にII族元素の内、マスクに依存する選択成長速度の変化の大きいインジウム（In）の割合を、歪みが生じない程度に大きくすることが望ましい。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施形態に係る半導体レーザ装置とその製造方法について説明する。この実施形態に係る半導体レーザ装置は、例えばn型のGaAs基板上に選択領域成長用マスクを用い

た有機金属気相成長法により、レーザ活性部とこれに連なる光出射部とを膜厚の異なる多層膜として一体に集積形成したものである。特にレーザ活性部におけるレーザ活性層と、光出射部における導波路層とを膜厚の異なる InGaAsP 層とし、レーザ活性層での発振波長を $0.8 \sim 1.1\mu\text{m}$ 、望ましくは $0.98\mu\text{m}$ とし、また前記導波路層の禁制帯幅を広くすることで上記レーザ発振波長に対して該導波路層を透明化し、これによってその大出力化を図ったものである。

【0013】しかもこのような構造の半導体レーザ装置を、以下に説明するように選択領域成長用マスクを用いた有機金属気相成長法を積極的に利用し、且つこれによって前記GaAs基板上に選択成長される多層膜半導体層の組成を工夫することで、簡易な製造工程の下で、その特性の向上を図りながら、信頼性良く製造することを特徴としている。

【0014】図1は本発明に係る半導体レーザ装置を製造する上で用いられる選択領域成長用マスク19の平面構成を示すもので、例えばn型のGaAs基板11上にプラズマCVD（気相成長）法により成長させた厚さ約 100nm の SiO_2 膜を、緩衝フッ酸を用いたフォトリソグラフ法によりパターニングすることで、矩形状マスクパターンの並びとして形成される。

【0015】この選択領域成長用マスク19は、n型GaAs基板11上に有機金属気相成長（MOCVD）法により順次積層形成する、レーザ活性層や導波路層を規定する上で重要な役割を果たすもので、GaAs基板11上におけるレーザ活性部の形成領域および光出射部の形成領域に応じたマスクパターンとして形成される。即ち、選択領域成長用マスク19はGaAs基板11上に多数、マトリックス状に形成しようとする半導体レーザ装置の配列に沿って設定される、例えば幅 $10\mu\text{m}$ のストライプ状の素子形成領域11b、11cをそれぞれ挟んで平行に、且つ隣接する素子分離領域11aで分離する如く並べられた幅 $50\mu\text{m}$ 、長さ $1400\mu\text{m}$ の矩形状マスクパターン19aの並びとして実現されている。特にこれらの矩形状マスクパターン19aは、特に上記ストライプ状の素子形成領域11b、11c中のレーザ活性部の形成領域（レーザ活性領域）11bを挟んで設けられ、レーザ活性部に連なる光出射部の形成領域11cの両側は、長さ $600\mu\text{m}$ に亘るマスク無し領域19bとして設定されている。

【0016】尚、上記矩形状マスクパターン19a（レーザ素子領域11b）の長さは、例えばレーザ活性部の形成領域11bに2つの半導体レーザ装置のレーザ活性部を背中合わせに2個形成しようとする場合、該半導体レーザ装置におけるレーザ活性部の縦方向の長さ（レーザ活性領域長）の2倍として設定される。またマスク無し領域19bの長手方向の長さは、上記レーザ活性部に連ねて一体形成する光出射部（導波路）の長さの2倍以

上を見込んで設定される。即ち、この例ではレーザ活性領域長を $700\mu\text{m}$ 、これに連なる光出射部の導波路長を $300\mu\text{m}$ とする半導体レーザ装置を、幅 $10\mu\text{m}$ のストライプ状の素子形成領域11b、11cに連続的に並べて形成するべく、前記幅 $50\mu\text{m}$ 、長さ $1400\mu\text{m}$ の矩形状マスクパターン19bを上記素子形成領域11b、11c挟んでその長手方向に $600\mu\text{m}$ の間隔を空けて配列している。

【0017】さて上述した如きパターンの選択領域成長用マスク19をn型GaAs基板11上に形成したならば、この選択領域成長用マスク19を用いて、例えば減圧有機金属気相成長(MOCVD)法を使用して、前記n型GaAs基板11上に以下の半導体層を順次選択領域成長させる。即ち、図2(a)に示すように先ず下部クラッド層12としてn型InGaP層を成長させ、その上に光閉じ込め層と歪量子井戸層とを含むレーザ活性層13として、例えばInGaAs/InGaAsP層を成長させる。しかる後、その上に上部クラッド層14としてp型InGaP層を成長させ、最後にコンタクト層15としてp型InGaAs層を成長させる。

【0018】このとき図2(a)にマスク領域において幅方向に切断した断面素子構造を示すように前記選択領域成長用マスク19上には多層膜が形成されることがない。また選択領域成長用マスク19に依存する選択領域成長法の性質により、図3(a)に素子形成領域11aにおいて長手方向に切断した断面素子構造を示すように、選択領域成長用マスク(矩形状マスクパターン19b)19に挟まれているレーザ活性部の形成領域11bに比較して、矩形状マスクパターン19bに挟まれていない光出射部の形成領域11c(マスク無し領域19bに挟まれる領域)ではその膜厚が薄くなる。また上記レーザ活性部の形成領域11bでは、III族のインジウム(In)成分が積極的に取り込まれて禁制帯幅(バンドギャップエネルギー)が小さくなり、選択領域成長用マスク19に挟まれていない光出射部の形成領域11cでは(In)成分の取り込み量が制限されてその禁制帯幅が大きくなっている。

【0019】以上のように多層膜を形成したならば、次に緩衝フッ酸を使用して前記選択領域成長用マスク19を除去した後、プラズマCVD法を使用してその全面に再び SiO_2 膜を形成する。そして緩衝フッ酸を用いたフォトリソグラフ法により、前記コンタクト層15上にだけ SiO_2 膜を残留させて図2(b)に示すようにエッチングマスク20を形成する。

【0020】しかる後、このエッチングマスク20を使用して、InGaAs層に対するエッチング液として酒石酸を用い、またInGaP層に対するエッチング液として塩酸を用いて、図2(b)に示すようにコンタクト層15から上部グラッド層14の途中までをエッチング除去し、ストライプ状の素子形成領域11a(レーザ活性部

の形成領域11bおよび光出射部の形成領域11c)に積層形成された多層膜を逆メサ状にする。

【0021】その後、光出射部の形成領域11c上のエッチングマスク20を除去し、レーザ活性部の形成領域11bに残されているエッチングマスク20を用いて上記光出射部の形成領域11c上のコンタクト層15を除去した後、該エッチングマスク20を一旦除去する。しかる後、図3(b)に示すように、上記の如くコンタクト層15を除去した領域(光出射部の形成領域11c)にのみ SiO_2 膜を形成し、これを電流遮断層21とする。この電流遮断層21の形成は、その前面に SiO_2 膜を形成した後、コンタクト層15を除去した領域にのみ SiO_2 膜を残留させるようにエッチング処理するようにすれば良い。

【0022】次いで、図2(c)に示すように逆メサ状とした前記多層膜の両側にポリイミド膜を形成して、これを電流狭窄層22とする。以上のようにして電流遮断層21および電流狭窄層22を形成した後、前記n型GaAs基板11の裏面を研磨してその厚さを $100\mu\text{m}$ 程度に設定し、例えば図3(c)に示すように該GaAs基板11の裏面側にAu-Ge-Ni/Au層よりなる負電極16を蒸着形成し、また電流遮断層21を含んで前記コンタクト層15上にTi-Pt-Au層よりなる正電極17を蒸着形成する。

【0023】その後、上述した如く多層膜を形成したGaAs基板11を、前記選択領域成長用マスク19に長手方向に挟まれたマスク無し領域19bの中央(図1に示すラインA)、および選択領域成長用マスク19の長手方向の中央(図1に示すラインB)にてそれぞれ劈開して、その劈開面を光出射端面および光反射端面とするレーザダイオードバーを製造する。そしてラインAに示す劈開面(光出射端面)に、図3(c)に示すように反射率5%の SiO_2 膜よりなる低反射膜23を形成し、またラインBに示す劈開面(光反射面)には反射率95%の高反射膜24、例えば SiO_2 膜とアモルファスシリコン膜との積層体を形成する。

【0024】次いで半導体レーザ装置の幅方向の境界である選択領域成長用マスク19の中央(図1に示すラインC)でダイオードバーを切断して個々の半導体レーザ装置を切り出し、レーザ発振波長に対して透明な光出射部を備えた半導体レーザ装置を完成する。尚、光出射方向は図3(c)における矢印Lとなる。以上の工程をもって製造された半導体レーザ装置によれば、レーザ活性部におけるレーザ活性層に比較して光出射部における導波路層のIn成分が少なくなっており、その禁制帯幅が大きくなっているため、レーザ発振波長に対して透明となっている。しかも上記導波路層の上面が電流遮断層21によって覆われているため、端面光学破壊(COD)に対する抵抗力が大きく、その光出力を大きくすることができる。

10

20

30

40

50

【0025】例えば上記の工程をもって製造した発振波長 $0.98\mu\text{m}$ の半導体レーザ装置によれば、光出射部における導波路の禁制帯幅が $0.88\mu\text{m}$ 相当と大きくなり、例えば図4にその光出力特性を示すように、 600mA 以上を流して 400mW 以上の光出力を得ても、破壊することはない。これに比べて従来技術に係る半導体レーザ装置にあっては、 200mW 程度の光出力を得ようとするだけで端面光学破壊(COD)の影響により素子破壊する。

【0026】また前述した如く製造される発振波長 $0.98\mu\text{m}$ の半導体レーザ装置において、禁制帯幅を大きくした導波路領域の長さを $300\mu\text{m}$ 以上(選択領域成長用マスク19の長手方向の距離が $600\mu\text{m}$ である。)としたのは、そのスポットサイズ拡大の効果が十分発揮されるようにする為である。また上記半導体レーザ装置の光出射面から出射された光の強度分布は、図5に示すようにその垂直方向の遠視野像(特性a)は 10° 、水平方向の遠視野像(特性b)は 7° であった。この特性から明らかなように、従来の半導体レーザ装置に比較して円形の狭出射ビームを得られることが確認された。

【0027】ところで前述した選択領域成長用マスク19を用いたMOCVDによる気相成長のマスク効果は一般的にIII族原料の、特にインジウム(In)において顕著に生じ、ガリウム(Ga)における効果は比較的少ない。従って従来一般的な発振波長 $1\mu\text{m}$ 付近の半導体レーザ装置において、その歪量子井戸層として多く用いられている $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}$ ($x=0.8\sim0.9$)にあっては、Inの組成が少ないので、十分な選択領域成長の効果が期待できないことがある。逆に選択領域成長の効果を増大させるべく、例えば上記Inの組成割合を大きくした場合、所望とするレーザ発振波長を得ようとする、歪が非常に大きくなる等の新たな問題が生じる。

【0028】そこで本発明に係る半導体レーザ装置の好ましい実施態様としては、特に歪量子井戸層(レーザ活性層)の形成材料として、例えば $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ ($x=0.7$, $y=0.65$)を用いることが好適である。即ち、幅 $50\mu\text{m}$ の選択領域成長用マスク19を $10\mu\text{m}$ のギャップを隔てて設けたときの、該マスク19によって挟まれる領域(レーザ活性部の形成領域、以下マスク領域と称す)に成長するIII族の組成 x と、マスク19を形成していない領域(光出射部の形成領域、以下平坦領域と称す)とに成長するIII族の組成 x_0 との差 $[x-x_0]$ 、およびその膜厚の比 $[d/d_0]$ のIII族組成 x_0 に対する依存性は、図6に示すようになる。

【0029】上記III族の組成 x は、前述した $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ の場合、 $[\text{Ga}/(\text{Ga}+\text{In})]$ として示されるものであり、図6の横軸において左側となる程、Inの組成が多くなることを示している。するとこの図6からはInの組成が多くなる程、膜厚の比が大きくなり、

選択領域成長のマスク効果により膜厚変化が大きくなることが示される。またその組成変化については、InとGaの量がほぼ等しいときに最も大きくなることが分かる。

【0030】従ってこのような知見に基づいて本発明の好ましい実施形態としては、III族の組成 x を変化させて $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ 層からなる量子井戸を形成するようにすれば良い。ちなみに上記 $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ 層からなる量子井戸を製作したときの前記マスク領域と平坦領域とにおける各層のバンドギャップエネルギー差

$[\text{Eg}-\text{Ego}]$ は図7に示すようになる。但し、このときのV族の組成は、マスク領域においてその膜厚が 9nm 、そのレーザ発振波長(発光波長)が $0.97\mu\text{m}$ となるように設定した。

【0031】ところで量子井戸層のバンドギャップはその膜厚と組成によって決定されるので、そのバンドギャップの変化量は前述した図6に示した組成変化と、膜厚変化を合わせた傾向を示すことになる。従ってマスク19を用いた選択領域成長によるバンドギャップ(禁制帯幅)の変化量は、量子井戸層をなすIII族の組成に大きく依存することになる。

【0032】ちなみに従来の半導体レーザ装置で専ら用いられているInGaAs量子井戸層($x=0.85$)では、マスク効果による膜厚の増大は 1.59 倍程度であり、組成変化は($x=0.85\rightarrow0.84$)程度である。またそのときのバンドギャップの変化量は、マスク領域が 970nm 、平坦領域が 940nm の場合で、 40meV 程度である。これに対して本発明に係る半導体レーザ装置の如くInGaAsP量子井戸層($x=0.7$, $y=0.65$)の場合、マスク効果による膜厚の増大は 1.63 倍にもなり、また組成変化は($x=0.7\rightarrow0.55$)と大きくなる。しかもそのときのバンドギャップの変化量は、マスク領域が 970nm 、平坦領域が 910nm の場合で 75meV にも達し、前述したInGaAs量子井戸層の場合の約2倍の増大を図ることが可能となる。

【0033】尚、図6に示す特性の条件ではバンドギャップの変化量は、III族の組成 x が($x=0.45$)付近で最大となる。そしてInGaAs量子井戸層に比べて2倍以上の変化が期待できるIII族の組成範囲は($x=0.15\sim0.7$)、また 1.5 倍以上の変化が期待できるII族の組成範囲は($x=0.05\sim0.78$)であることが分かる。しかしその組成 x を小さくすると、これに伴って歪が大きくなるので、実用的で良好な特性が規定できる組成範囲は概ね($x=0.5\sim0.8$)であると言える。

【0034】従って発振波長 $0.98\mu\text{m}$ の大出力半導体レーザ装置を実現する場合には、より具体的には、例えばn型GaAs基板上にSiN誘電体膜を全面形成し、これをパターニングして前述したマスク幅 $50\mu\text{m}$ の選択領域成長用マスク19(矩形状マスクパターン19

b) を $10\mu\text{m}$ 間隔で形成する。次いでこの選択領域成長用マスク19を用いた選択領域成長により、先ずn型InGaP下部クラッド層を $2\mu\text{m}$ 成長させる。

【0035】そしてその上に光閉じ込め層としてバンドギャップ波長 (1.55eV) のInGaAsP層を 40nm 厚に形成した後、InGaAsP歪量子井戸層を前記平坦部でのIII族組成が ($x=0.7$)、V族組成が ($y=0.65$) となるように 6nm 厚に形成する。更にその上に光閉じ込め層としてバンドギャップ波長 (1.55eV) のInGaAsP層を 40nm 厚に成長させ、これをレーザ活性層／導波路層とする。

【0036】次いでp型InGaP上部クラッド層を $2\mu\text{m}$ 成長させた後、前記選択領域成長用マスク19を除去する。そしてその上にp型InGaAsコンタクト層を $0.5\mu\text{m}$ 成長させる。尚、n型InGaP下部クラッド層およびp型InGaP上部クラッド層を、領域を変えてそれぞれ2段階に形成するようにすればクラッド層における歪の発生が抑えられる。

【0037】しかる後、前記平坦部におけるコンタクト層を除去し、その前面にSiN等の誘電体膜を形成した後、ストライプ状のマスクを用いてフォトリソグラフィによるエッチング処理を施して、リッジ構造の導波路を形成する。そして最後に絶縁膜を形成し、電流注入領域をエッチングした後、その上部に正電極、基板の下面に負電極を形成し、その前端面に5%の反射膜、後端面に95%の反射膜をそれぞれ形成して半導体レーザ装置を完成させる。

【0038】このようにして選択領域成長を用いて製造される上記組成／構造の半導体レーザ装置によれば、マスク部におけるレーザ活性層での発光波長は $0.98\mu\text{m}$ となり、平坦部における導波路層 (レーザ活性層) での発光波長は $0.91\mu\text{m}$ となって、その光出射部をレーザ発振波長 ($0.98\mu\text{m}$) に対して透明化することが可能となる。しかも活性領域の幅を $4\mu\text{m}$ 、共振器長を $1000\mu\text{m}$ (活性領域長 $800\mu\text{m}$ 、光出射領域長 $200\mu\text{m}$) とした場合、その発振しきい値電流を 25mA と低く設定し、また5%の反射膜を形成した前端面からの量子効率を $1\text{W}/\text{A}$ とすることができ、注入電流を 1A 以上にしても端面破壊を生じることのない優れた特性を得ることが確認された。

【0039】これに対して活性層をInGaAsとした半導体レーザ装置においては、前記平坦部での発光波長が $0.94\mu\text{m}$ であり、レーザ発振光を吸収するので、半導体レーザの基本特性である発振しきい値電流、量子効率、温度特性等に悪影響を及ぼすので、上述したInGaAsP活性層を持つ半導体レーザ装置のような良好な特性を期待することは到底不可能である。

【0040】また本発明に係る半導体レーザ装置によれば、前述したように射出光ビームを半値幅で 20° 程度と狭幅化することができるので、例えばレンズ系を併用

することで、シングルモードの光ファイバとの結合効率を9.0%以上に高めることも容易である。この場合、例えば光出射領域におけるリッジの幅を先細りにする等して、その光ビームをより円形化することにより、その結合効率を更に高めることが可能となる。

【0041】さて本発明に係る半導体レーザ装置を実現する場合の更に好ましい実施形態としては、活性層の上下に領域選択成長により形成した中間層を設けることが望ましい。即ち、クラッド層はその機能上、或る程度の膜厚にする必要があるが、前述した実施形態に示すようにInGaP層を領域選択成長により形成すると、マスクの或る部分とない部分とでInの組成比に変化が生じる。するとレーザ活性部または光出射部のいずれかにおいて歪みが生じ易くなる。従って歪みのない状態でInGaPクラッド層を形成するには、領域選択成長によらずに形成することが好ましい。しかしレーザ活性層／導波路層だけを領域選択成長により形成し、マスクを用いることなしにInGaPクラッド層を成長させると、上記レーザ活性層／導波路層の形成の前後にマスクの形成とその除去を行う必要が生じる。すると特に上記マスクの除去時にレーザ活性層／導波路層が傷むみ易いと言う問題が生じる。

【0042】従って発振波長 $0.98\mu\text{m}$ の大出力半導体レーザを実現する場合には、例えば図8に示すような素子構造とすれば良い。より具体的には、例えばn型GaAs基板11上に、先ずn型InGaP下部クラッド層12aを $2\mu\text{m}$ 厚に形成する。次いでその上にSiN誘電体膜を全面形成し、これをパターンニングして前述したマスク幅 $50\mu\text{m}$ の選択領域成長用マスク19 (矩形状マスクパターン19b) を $10\mu\text{m}$ 間隔で形成する。

【0043】その後、選択領域成長用マスク19を用いた選択領域成長により、n型InGaP下部クラッド層12bを $0.1\mu\text{m}$ 成長させる。そしてその上に光閉じ込め層としてバンドギャップ波長 (1.55eV) のInGaAsP層を 40nm 厚に形成した後、InGaAsP歪量子井戸層を前記平坦部でのIII族組成が ($x=0.7$)、V族組成が ($y=0.65$) となるように 6nm 厚に形成する。更にその上に光閉じ込め層としてバンドギャップ波長 (1.55eV) のInGaAsP層を 40nm 厚に成長させ、これをレーザ活性層／導波路層13とする。

【0044】そしてその上にp型InGaP上部クラッド層14aを $0.1\mu\text{m}$ 成長させる。次いで前記選択領域成長用マスク19を除去した後、その全面にp型InGaP上部クラッド層14bを $2\mu\text{m}$ 成長させ、更にその上にp型InGaAsコンタクト層15を $0.5\mu\text{m}$ 成長させる。しかる後、前記平坦部におけるコンタクト層を除去し、その前面にSiN等の誘電体膜を形成した後、ストライプ状のマスクを用いてフォトリソグラフィによるエッチング処理を施して、リッジ構造の導波路を形成する。そして最後に絶縁膜を形成し、電流注入領域をエッチン

グした後、その上部に正電極17、基板の下面に負電極16を形成し、更にその前端面に5%の反射膜13、後端面に95%の反射膜24をそれぞれ形成して半導体レーザを完成させる。

【0045】尚、上述したようにn型InGaP下部クラッド層12a、12bおよびp型InGaP上部クラッド層14a、14bをそれぞれ2段階に形成することにより、クラッド層内における歪の発生が抑えられる。特に下部クラッド層の主体をなすn型InGaP下部クラッド層12aを厚く形成した後、n型InGaP下部クラッド層12b、レーザ活性層／導波路層13、およびp型InGaP上部クラッド層14aを前記選択領域成長用マスク19を用いて選択領域成長させ、その後、選択領域成長用マスク19をエッチング除去して上部クラッド層の主体をなすp型InGaP下部クラッド層14bを厚く形成するので、特性の安定したクラッド層を形成することができる。

【0046】ちなみにレーザ活性層／導波路層13だけを前記選択領域成長用マスク19を用いて選択領域成長させるようにすると、レーザ活性層／導波路層13の成長後に前記選択領域成長用マスク19をエッチング除去する際、レーザ活性層／導波路層13に荒れが生じて、その特性が劣化する虞がある。このような観点からも、上述した如くクラッド層を2段階に亘って形成し、レーザ活性層／導波路層13の品質を確保することが望ましい。

【0047】尚、本発明は上述した実施形態に限定されるものではない。例えば選択領域成長用マスク19として図9(a)(b)に示すようなパターン形状としても良い。要はマスク幅とその間の開口部の幅に依存してマスク領域と平坦部とにおける気相成長の速度(膜厚)が変化するので、その仕様に依じてレーザ素子の形成領域と光出射部の形成領域に対するマスク幅(マスク間の開口幅)を変えるようにすれば良い。

【0048】また上述した実施形態ではリッジ型構造の半導体レーザ装置としたが、埋め込み型構造であっても良く、リッジ・埋め込み型の構造とすることも可能である。またマスク19間のギャップ(開口幅)を10 μ mとし、そこに選択領域成長させて形成した活性層を逆メサ状にエッチングしてレーザ活性領域としたが、上記ギャップ幅を実際のレーザ活性層の幅程度とし、これによって選択領域成長で形成される活性層の全てをレーザ活性領域として用いることも勿論可能である。更にこの実施形態では、活性層を単一の量子井戸層として形成したが、2層以上の多層量子井戸構造とすることも勿論可能である。

【0049】更に光閉じ込め層としてInGaAsPを用いたが、GaAsPを用いても同様な効果が得られる。しかも実施形態に示した活性層は、(+1.5%)程度の圧縮歪を有するので、例えば伸張歪を有するInGaAs

PやGaAsPを用いれば、活性層に歪補償を施してその結晶性を良くすることができ、これによって特性の向上を図ることも可能となる。

【0050】またクラッド層としてInGaPに代えて、AlGaPを用いることも勿論可能であり、更にクラッド層内に薄いAlAs層を導入し、リッジ形成後にその光出射部を選択的に酸化処理すれば、該光出射部への電流ブロックをより強固なものとすることができる。更には光出射部におけるリッジ幅を先細りとして上記選択酸化条件を最適化すれば、活性領域の近傍の光出射部にのみ該活性領域からの距離に応じた電流を流すように構成することもできる。即ち、一般的な選択領域成長においてはマスク部と平坦部との間に遷移領域が生じるので、活性領域近傍の光出射部においてその距離に応じた光の吸収が生じ、素子特性が劣化する虞がある。しかし上記構造を採用すれば、このような不具合を未然に防ぐことが可能となる。

【0051】

【発明の効果】以上説明しように本発明に係る半導体レーザ装置とその製造方法によれば、選択領域成長法を積極的に用いて光出射部における導波路の禁制帯幅を大きくし、レーザ発振波長に対して透明にしているので、その製造工程を簡易化し得ることは勿論のこと、素子特性を向上させてその大出力化を図った半導体レーザ装置を実現することができる。しかもレーザ発振波長に対して透明な光出射部を備えることで、出射光の広がり角度を制御し、その遠視野像を十分狭くした円形に近い射出光ビームを得ることができ、光ファイバとの係合効率を高め得る等の効果が期待できる。

【0052】特にGaAs基板上にInGaAsPからなる活性層を形成するので、光中継器として必要な発振波長0.8~1.1 μ mの大出力半導体レーザ装置を簡易に、しかも信頼性良く実現することができる等の実用上多大なる効果が奏せられる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係る半導体レーザ装置の製造に用いられる選択領域成長用マスクの平面形状を示す図。

【図2】本発明の一実施形態に係る半導体レーザ装置の製造方法を説明する為の図であって、製造工程に応じて成長・加工される素子構造を、マスク領域において幅方向に切断した状態として示す図。

【図3】本発明の一実施形態に係る半導体レーザ装置の製造方法を説明する為の図であって、製造工程に応じて成長・加工される素子構造を、素子形成領域において長手(ストライプ)方向に切断した状態として示す図。

【図4】本発明の一実施形態に係る半導体レーザ装置の光出力特性を示す図。

【図5】本発明の一実施形態に係る半導体レーザ装置から得られる出射光ビームの強度分布特性を示す図。

【図6】本発明に係る半導体レーザ装置の効果を説明する為の図であって、選択領域成長によりマスク領域と平坦領域にそれぞれ成長するIII族の組成の差、およびその膜厚の比のIII族組成x₀に対する依存性を示す図。

【図7】本発明に係る半導体レーザ装置の効果を説明する為の図であって、III族の組成Xを変化させてInGaAsP量子井戸層を製作したときのマスク領域と平坦領域における各層のバンドギャップエネルギー差を示す図。

【図8】本発明に係る半導体レーザ装置の別の実施形態に係る素子構造を示す図。

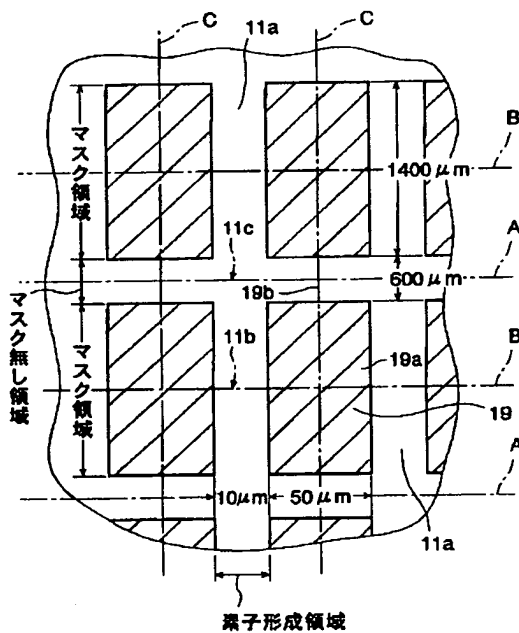
【図9】選択領域成長用マスクの変形パターン例を示す図。

【図10】従来の半導体レーザ装置の素子構造を示す図。

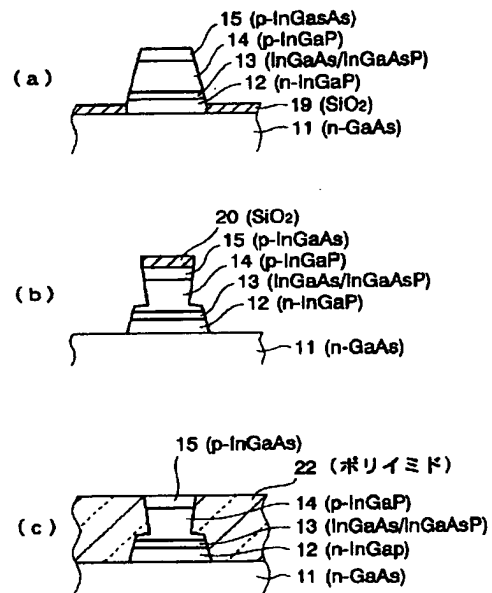
【符号の説明】

- 11 n型GaAs基板
- 12 下部クラッド層 (n型InGaP層)
- 13 レーザ活性層 (InGaAs/InGaAsP層)
- 14 上部クラッド層 (p型InGaP層)
- 15 コンタクト層 (p型InGaAs層)
- 16 負電極 (Au-Ge-Ni/Au層)
- 17 正電極 (Ti-Pt-Au層)
- 18 透明薄膜 (InGaP膜)
- 19 選択領域成長用マスク
- 20 エッチングマスク (SiO₂膜)
- 21 電流遮断層 (SiO₂膜)
- 22 電流狭窄層 (ポリイミド膜)
- 23 低反射膜 (SiO₂膜)
- 24 高反射膜 (SiO₂膜とアモルファスシリコン膜)

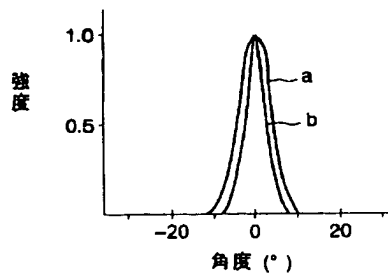
【図1】



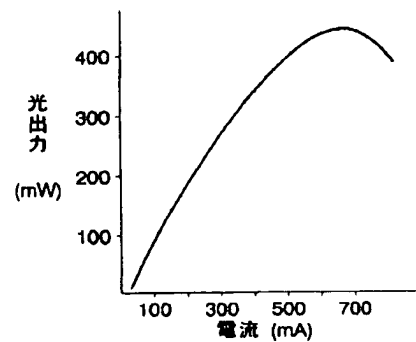
【図2】



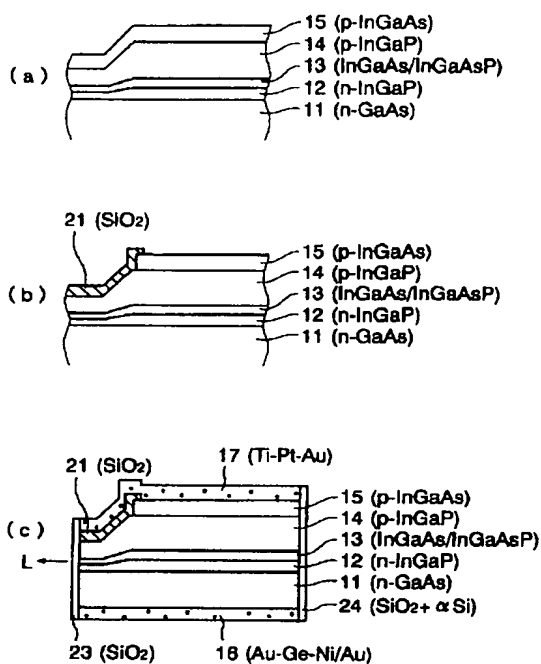
【図5】



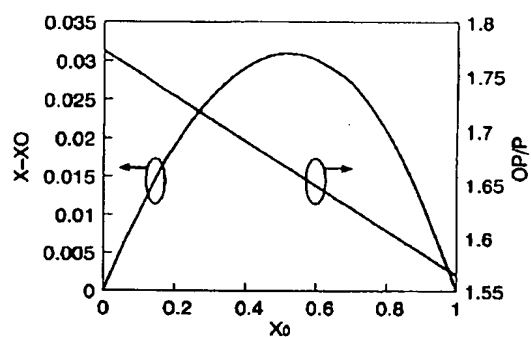
【図4】



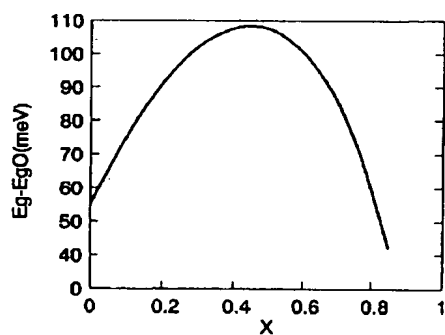
【図3】



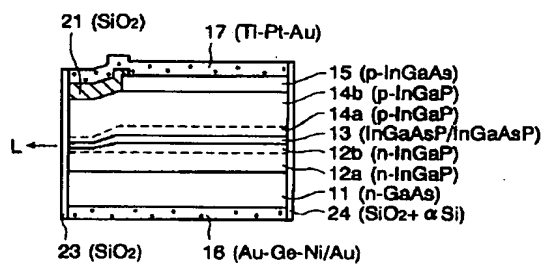
【図6】



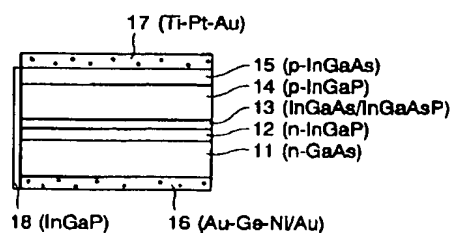
【図7】



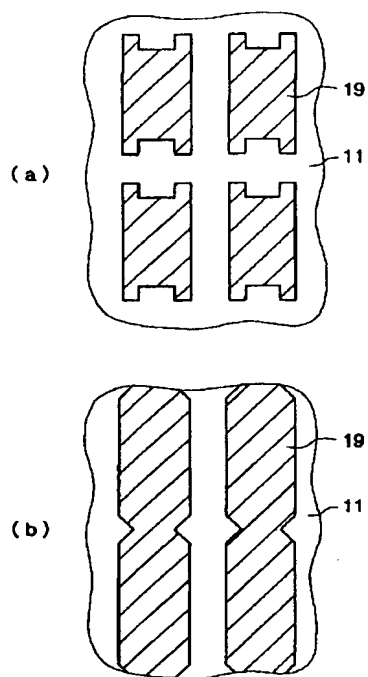
【図8】



【図10】



【図 9】



フロントページの続き

(72)発明者 大久保 典雄
東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号 古
河電気工業株式会社内

(72)発明者 岩井 則広
東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号 古
河電気工業株式会社内

(72)発明者 二ノ宮 隆夫
東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号 古
河電気工業株式会社内